

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI**

**FEDERICO II**

**FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA**



**SCUOLA DI DOTTORATO IN MEDICINA CLINICA E SPERIMENTALE**

***Dottorato in Scienze Odontostomatologiche***

*Coordinatore: Prof. Sandro Rengo*

*Analisi alla Micro TC dell' Anatomia Complessa del Primo  
Molare Superiore*

**ANNO ACCADEMICO 2012/2013**

**TUTOR**

Dott. Gianluca Ametrano

**CANDIDATO**

Dott. ssa Formisano Anna



## **CONTENUTI**

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ANATOMIA ENDODONTICA.....</b>	<b>8</b>
1.1 Elementi Anatomici d’Interesse endodontico.....	8
1.2 Anatomia del Primo Molare Superiore.....	15
<b>2. OBIETTIVO dello STUDIO.....</b>	<b>22</b>
<b>3. MATERIALI e METODI.....</b>	<b>23</b>
3.1 Selezione e Preparazione dei Campioni.....	23
3.2 Micro Tomografia Computerizzata.....	23
3.2.1 Set Up della Scansione.....	26
3.2.2 Ricostruzione Tridimensionale (3D).....	26
3.3 Parametri Anatomici Osservati.....	26
<b>4. RISULTATI.....</b>	<b>34</b>
4.1 Configurazione e Numero dei Canali Radicolari.....	34
4.2 Distanza tra gli imbocchi canalari MV1 e MV2.....	34
4.3 Numero di Forami Apicali e Presenza di Delta Apicale.....	35
4.4 Distanza tra Apice Anatomico e Forame Apicale Maggiore.....	35
4.5 Presenza di Canali Accessori, Loop e Istmi.....	35
<b>5. DISCUSSIONE.....</b>	<b>41</b>
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>44</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>45</b>

## INTRODUZIONE

L' Endodonzia è quella branca dell'Odontoiatria che si occupa della morfologia, fisiologia e patologia della polpa dentale umana e dei tessuti periradicolari. L'obiettivo ideale del trattamento endodontico è quello della detersione e della sagomatura, dunque della totale rimozione dei residui di tessuto pulpare, dei microrganismi presenti nel sistema canalare, ed infine della completa otturazione con materiale inerte (European Society of Endodontology 2006).

Il sistema dei canali radicolari non consta di semplici condotti conici, ma di un sistema molto complesso, formato dalla cavità pulpare, dal canale principale, dai canali accessori in relazione con il parodonto. È necessaria, dunque, una conoscenza quanto più esaustiva della morfologia canalare, con lo scopo di valutare attentamente la variabilità anatomica del singolo elemento dentario dal momento che la principale causa di fallimento è rappresentata dalla mancanza di una preparazione adeguata di tutti i canali presenti, col perdurare, dunque dell'infezione (1-2).

La complessità del sistema canalare non è solo legata alle possibili variazioni nel numero di canali presenti in una radice, ma anche al riscontro sempre più frequente di strutture anatomiche in stretto rapporto con il canale stesso. Il riscontro di canali laterali, istmi, loop, canali confluenti, delta apicali, rende il quadro clinico notevolmente più difficile, sia perché essi fungono da riserve batteriche sia perché non è possibile, ad oggi, raggiungere una preparazione endodontica completa di queste strutture (3).

L'Endodonzia, come del resto l'Odontoiatria in generale, ha tratto e trae largamente giovamento dalle innovazioni tecnologiche, nonché dal costante sforzo delle aziende produttrici di lanciare sul mercato prodotti che più si addicano al professionista moderno e al suo paziente. In pochi decenni, ogni fase della terapia endodontica è stata resa più confortevole per il paziente e più efficiente, grazie all'introduzione degli strumenti rotanti al nichel- titanio, di sistemi di irrigazione meglio attivi, di ausili per l'apertura di camera come le punte ad ultrasuoni, degli occhialini ingrandenti fino al microscopio operatorio. La stessa diagnosi iniziale è stata resa più semplice grazie a sistemi di elaborazione dell' immagine in 3D, quali, ad esempio, il cone beam.

Tuttavia, benché queste innovazioni abbiano di gran lunga migliorato il comfort del paziente e la qualità delle nostre terapie, il presupposto imprescindibile per una corretta terapia canalare resta senza dubbio una adeguata conoscenza dell'anatomia.

Diverse tecniche sono state utilizzate in letteratura per l'analisi della morfologia canalare. La variabilità dei risultati ottenuti sono legati soprattutto alle diverse procedure che nel corso del tempo sono state utilizzate (4-7). La prima ed ampia esposizione dell'anatomia radicolare è dovuta a Carabelli che ottenne risultati pregevoli introducendo la tecnica dell'erosione (8). Hess, più tardi, perfezionò questa tecnica, otturando col caucciù vulcanizzato e sciogliendo la sostanza dentaria circostante con acido cloridrico al 50% (9). Adloff elaborò la cosiddetta tecnica della "trasparenza", mediante la quale i tessuti interni radicolari e quelli esterni restavano integri e attraverso un foro adeguatamente praticato venivano veicolate alcune sostanze (gelatina, paraffina colorate, silicone) e il dente trattato con olio di cedro, benzolo o composti dell'acido salicilico, diveniva trasparente (10). Meyer, nel 1955, presentò nuovi sistemi di valutazione, ricavando da sezioni dei vari campioni i modelli degli apici radicolari e proiettandoli su modelli in cera (11-12).

Diverse altre metodiche di laboratorio si annoverano per la visualizzazione dei canali radicolari: la decalcificazione dei tessuti duri con l'iniezione di particolari inchiostri, o con colorazione con ematossilina, attraverso fusione di metallo o attraverso l'infusione di gel radiopaco, al microscopio (13-17).

Il grosso svantaggio delle metodiche ex vivo, nonostante le preziose informazioni rese sull'anatomia endodontica, era l'inevitabile perdita del campione, distrutto irrimediabilmente e non più riutilizzabile (18-21).

In ambito clinico, invece, si è sempre fatto affidamento prima alle capacità e all'esperienza degli operatori, suffragati dalla radiografia classica, poi all'utilizzo di sistemi ingrandenti e più tardi di microscopi operativi chirurgici (SOM). Possibilità, quest'ultime, che hanno potenziato e facilitato la localizzazione e il trattamento dei canali accessori, migliorando, nel complesso, il risultato clinico (22-25).

Il primo molare superiore è un dente che per precoce epoca di eruzione, per conformazione e per caratteristiche anatomo-funzionali, frequentemente richiede terapia endodontica nonché, per la sua importanza, il ripristino morfofunzionale.

Diversi studi si sono concentrati sulle caratteristiche dell'anatomia endodontica di questo dente (20-26). Benchè non manchino casi in letteratura di anatomie aberranti, in genere, la conformazione comune di questo elemento prevede la presenza di tre radici e frequentemente quattro canali, di cui due nella radice mesiovestibolare (26). Obiettivo comune di questi studi è la ricerca degli elementi anatomici caratteristici: il numero di radici e canali, eventuali fusioni radicolari, ramificazioni, il numero di forami presenti al livello apicale, presenza di delta apicali, prevalenza di canali C-shaped, numero di imbocchi canalari presenti sul pavimento della camera pulpare (27).

Il reperimento della caratteristica “saliente”, il canale MV2, nel corso degli anni è stato reso più semplice, grazie al miglioramento delle tecniche disponibili (25). È pacifico, tuttavia, che negli studi *in vitro*, la percentuale di canali MV2 reperiati resti comunque superiore. Pur con delle limitazioni evidenti, anche negli studi *in vivo* con l'introduzione di microscopi operatori più precisi e affidabili si è incrementato di circa il doppio il reperimento del canale MV2 (28).

Il limite degli studi *in vitro* era l'approccio assai invasivo che di fatto, pur permettendo di ricostruire l'anatomia assai minuziosamente, distruggeva il campione rendendolo inutilizzabile (29-31).

Negli ultimi anni lo sviluppo della Micro tomografia computerizzata ( $\mu$ CT) ha permesso notevoli miglioramenti nello studio dei tessuti duri (32). La  $\mu$ CT si impone come tecnica di riproduzione non invasiva in tre dimensioni (3D) del sistema radicolare offrendo una valutazione sia qualitativa che quantitativa, una rappresentazione minuziosa dei dettagli morfologici da diverse angolazioni, con la capacità di rappresentare simultaneamente o in maniera separata l'anatomia interna ed esterna del dente (33).

La  $\mu$ CT consente una visualizzazione del volume e della superficie pulpare, risalta la presenza di eventuali alterazioni pulpari relative all'apposizione di dentina irregolare, valuta eventuali cambiamenti apportati dalla strumentazione in un canale sia otturato

che non otturato, rende possibile analizzare ad ogni livello la presenza di trasporti o perforazioni causati dagli strumenti utilizzati, inoltre ci consente di differenziare i patterns di dentina irregolare, distinguendo quella legata al processo di invecchiamento e quella dovuta ad un trattamento ortodontico o ad un restauro eseguito sul quel dente, e permette di apprezzare eventuali calcificazioni (34, 35).

Di recente, gli autori hanno utilizzato la  $\mu$ TC per studiare la complessa anatomia dei primi molari superiori, al fine di riconoscere e individuare i canali mesiovestibolari (MV1 e MV2). In particolare, questi studi hanno valutato la morfologia della radice mesiovestibolare, la curvatura, la prevalenza dei canali MV2, la presenza di istmi, canali accessori, delta apicali e loop (36-40). La  $\mu$ TC può quindi essere considerata come un ottimo strumento per implementare le conoscenze dei clinici, sia in funzione della possibilità di mostrare l'anatomia interna ed esterna, sia in funzione della possibilità di apprezzare la condizione canalare pre e post-strumentazione, in modo da ridurre gli errori che portano all'insuccesso. Da ultimo, consente di analizzare anche un eventuale restauro eseguito su un elemento dentario (33).

Tuttavia, ad oggi nessun ricerca ha inteso valutare alla  $\mu$ CT la posizione degli imbocchi canalari MV1 e MV2 e la distanza tra apice anatomico e forame apicale maggiore nei primi molari mascellari.

# 1. ANATOMIA ENDODONTICA

## 1.1 Elementi Anatomici d'interesse Endodontico

L'incapacità di localizzare, preparare e otturare correttamente tutti i canali del sistema radicolare è la principale causa di fallimento endodontico con l'insorgenza nel post-trattamento di sequele, come la ricomparsa di dolore o il sopraggiungere di una lesione periapicale (1).

Un'accurata diagnosi, con una pianificazione del trattamento e una buona conoscenza dell'anatomia del sistema dei canali radicolari e delle sue frequenti variazioni, è assolutamente necessaria per il successo del nostro operato. Le difficoltà che si possono incontrare sono essenzialmente legate alla complessità anatomica dei canali radicolari, la cui struttura è arricchita dalla presenza di canali accessori, istmi e loop. La localizzazione e le caratteristiche morfologiche di questi elementi rendono difficile, se non impossibile, la strumentazione perché fungono da riserva di tessuto pulpare necrotico ed infetto, aumentando di gran lunga il rischio di avere un fallimento (28, 35). L'endodonto è formato da una camera pulpare e da uno o più canali radicolari. La camera pulpare è un ampio spazio cavitario nella corona, che corrisponde al contorno esterno del dente e si spinge al di sotto delle cuspidi a formare i cornetti pulpari; col progredire dell'età o a causa di un processo carioso, di un restauro o a seguito di usura, questa zona si restringe e diviene sempre più resistente assumendo una forma assolutamente irregolare. Il canale radicolare è quella porzione dell'endodonto che decorre all'interno della radice dell'elemento dentario, riducendo il suo volume verso l'apice radicolare (36).

Diversi studi si sono occupati dell'anatomia endodontica a conferma della difficoltà e del fascino che riveste questa problematica laddove la mancata conoscenza ed individuazione delle particolarità anatomiche conduce al fallimento della terapia (26). Hess nel 1921 già riportava tale complessità, arrivando a dire che "una radice con un canale e un singolo forame apicale è l'eccezione alla regola" (3). Meyer, nel 1955, provò a rappresentare l'andamento canalare e le varie diramazioni del delta apicale,



mettendo quasi in discussione la possibilità di realizzare un trattamento endodontico completo (11).

Weine fu il primo nel 1969 a mettere a punto una classificazione delle possibili tipologie di configurazione dei canali all'interno di una radice (Fig.1):

Tipo I: Un singolo canale esteso dalla camera pulpare all'apice

Tipo II: Due canali separati al livello della camera pulpare e un unico canale che si apre al livello dell'apice

Tipo III: Due canali separati al livello della camera pulpare con due forami apicali separati

Tipo IV: Un canale al livello della camera pulpare che si divide in due distinti canali con forame apicale separato.

Vertucci nel 2005 descrisse un ancora più complesso sistema con otto configurazioni dello spazio pulpare (Fig. 2):

Tipo I: Singolo canale con forame apicale unico

Tipo II: Due canali che si uniscono nel terzo apicale

Tipo III: Un canale che si divide in due e che al terzo apicale si riuniscono, con un'unica apertura apicale

Tipo IV: Due canali separati per tutto il tragitto

Tipo V: Un singolo canale che si divide proprio al livello dell'apertura apicale

Tipo VI: Due canali separati che nel tragitto radicolare si uniscono per poi ridiversi al livello apicale

Tipo VII: Un canale singolo che si divide, si riunisce e che alla fine presenta due forami apicali

Tipo VIII: tre canali separati all'interno di una radice

L'anatomia degli elementi dentari essendo abbastanza complessa, spesso può presentare caratteristiche anatomiche di rilievo quali, ad esempio, loop, canali accessori ed istmi. I

loop vengono definiti come “ramificazioni che si distaccano dal canale radicolare principale e che, dopo un breve tragitto, si ricongiungono con esso” (28).

I canali accessori sono delle ramificazioni del canale radicolare lungo il suo decorso e possono trovarsi o tra i due canali centrali (tipo D1) o tra un canale centrale e la superficie radicolare (tipo D2) comunicando con essa all'esterno; questi canali costituiscono delle riserve batteriche in quanto non sono strumentabili e quindi non è possibile conferire loro una morfologia conica che assicuri uno stop apicale per il nostro materiale da otturazione (41). I canali laterali sono delle ramificazioni, del terzo coronale o terzo medio, che si estendono orizzontalmente dal canale principale. Sono stati localizzati nel 73% dei casi nel terzo apicale, 11% nel terzo medio e nel 6% nel terzo coronale del canale. Questi canali si formano dall'intrappolamento dei vasi parodontali nella guaina epiteliale di Hertwig, andando incontro a calcificazioni. Risultano essere responsabili del passaggio di sostanze irritanti dalla polpa allo spazio paradontale (28). I canali accessori possono essere presenti anche al livello delle biforcazioni; essi si formano come risultato dell'intrappolamento dei vasi parodontali durante la fusione della membrana, che darà origine al pavimento della camera pulpare (28). I canali radicolari (Fig.3), in base alla presenza o meno di queste strutture, possono assumere diverse configurazioni canalari: se una radice contiene due canali senza istimi o canali accessori, vengono classificati come Tipo A e Tipo B; la presenza tra due canali di istimi e canali accessori nella stessa radice viene catalogato come Tipo S (41).

Queste configurazioni corrispondono alle diverse tipologie canalari suggerite da Weine; infatti nelle radici di tipo II, vi è maggiormente la prevalenza della configurazione A (breve distanza tra i due canali e quindi una possibile convergenza lungo il loro decorso) mentre nella tipologia III di Weine è stata osservata la prevalenza della configurazione S (41).

Gli istmi e i canali d'interconnessione vengono definiti come una stretta estensione proiettata da un canale all'altro della stessa radice, dividendoli completamente o in maniera incompleta, e che presentano un elevato contenuto di carica batterica e tessuto necrotico (Fig. 4); sono delle ramificazioni dello spazio pulpare che non comunicano

con la superficie esterna della radice (28). Quando due canali sono contenuti nella stessa radice, da un punto di vista biologico, possono essere considerati come un'unica entità e non due strutture separate (38).

Hsu e Kim (43) hanno individuato cinque tipologie differenti d'istmi che possono essere presenti al momento durante un trattamento canalare (Fig.5, Fig.6):

Tipo I: due o tre canali senza comunicazione

Tipo II: due canali con una connessione tra loro ben definita

Tipo III: tre canali con una connessione tra loro ben definita

Tipo IV: canali che si estendono nella zona dell'istmo

Tipo V: una vera connessione o un corridoio lungo tutta la sezione

Classificazione assai più semplice per gli istmi, è quella di Fan et al.2010 (44, Fig. 7):

Tipo I: connessione a lamina;

Tipo II: separato;

Tipo III: misto;

Tipo IV: connessione cannulare;

Il canale ha generalmente una forma conica con base circolare o spesso anche ovale; una recente classificazione (45) li divide in rotondi, ovali o lunghi ovali, appiattiti o irregolari. In particolar modo nei canali ovali facilmente, dopo la preparazione, possono residuare aree non trattate, smear-layer e detriti, perché la complessa anatomia impedisce il controllo totale sul sistema canalare favorendo il perdurare dell'infezione (45-48).

Il pavimento della camera pulpare deve poter essere visto in tutta la sua estensione, in quanto esso serve come guida alla ricerca degli imbocchi canalari e come aiuto per capire la tipologia di canali presenti. Quando si presenta all'osservatore un solo canale eccentrico, probabilmente vi è la presenza di un altro canale sul lato opposto (49). Vertucci sottolinea che se la distanza che intercorre tra i due imbocchi è maggiore di 3

mm i due canali rimangono separati; se invece la distanza è minore di 3 mm i due canali quasi sicuramente si uniscono (50).

E' preferibile diagnosticare il più precocemente possibile la confluenza di due canali in un apice comune per evitare inutili sovra strumentazioni e lacerazioni dello stesso forame apicale; spesso però l'operatore realizza la presenza di questa confluenza solo al momento dell'esecuzione della radiografia della prova dei coni (35).

La naturale anatomia del pavimento spesso indica la sede di tali imbocchi; tuttavia i restauri, le neoformazioni dentinali o le calcificazioni distrofiche possono alterare la configurazione originale rendendo più difficile tale reperimento. Esplorando il pavimento della camera con la sonda endodontica si riesce a penetrare negli imbocchi canalari e talvolta a dislocare una deposizione calcifica che li ostruiva; inoltre con la sonda si può determinare l'angolo con il quale i canali si dipartono dal pavimento della camera pulpare (45).

Varie ricerche sull'anatomia del sistema dei canali radicolari hanno dimostrato che essi raramente sono dritti, e che anche quando appaiono tali all'esame radiografico, in realtà quasi mai seguono la direzione lineare che risulta dall'immagine bidimensionale. Gli incisivi laterali superiori presentano una curvatura del terzo apicale rivolta in direzione palatina e pertanto non apprezzabile radiograficamente; il canale mesio-vestibolare dei primi molari inferiori presenta spesso una curva rivolta distalmente, apprezzabile alla radiografia, ma nasconde spesso anche una curvatura diretta in senso vestibolo-linguale, che la radiografia non ci può mostrare. Possiamo distinguere curve del terzo apicale, curve del terzo medio e curve del terzo coronale, ciascuna che richiede un particolare trattamento:

*-Curve del Terzo Apicale:* sono curve che devono essere assolutamente rispettate e mai raddrizzate, nel qual caso si determinerebbe uno spostamento del forame apicale dalla sua forma e posizione originale e questo è causa di sicuro insuccesso.

*-Curve del Terzo Medio:* anche queste curve vanno rispettate per dare all'otturazione canalare il giusto scorrimento; tuttavia è inevitabile un parziale raddrizzamento di queste curve, che dovranno risultare leggermente smussate e addolcite al termine della nostra preparazione. Importanti sono le doppie curve del terzo medio o curve a

baionetta, che sono tra le più difficili da mantenere; sono frequenti al livello dei secondi premolari superiori ed inferiori dove sono caratterizzate dalla presenza di una prima curva diretta in senso mesiale e una seconda diretta in senso distale. Di queste due curve quella che va assolutamente rispettata è la seconda, il cui raddrizzamento comporterebbe uno spostamento del forame.

*-Curve del Terzo Coronale:* queste curve devono essere eliminate prima di iniziare la normale detersione e sagomatura, in modo da ottenere un accesso più rettilineo alla regione apicale, l'eliminazione delle interferenze dentinali dei due terzi coronali del canale consentendo così una strumentazione apicale più sicura, rapida ed efficace, la riduzione dei rischi di possibili gradini, di trasporto del forame apicale e di stripping nella zona della biforcazione, una maggiore possibilità di penetrazione in profondità delle soluzioni irriganti e quindi una maggiore rimozione dei detriti. Le curve del Terzo Coronale sono particolarmente frequenti nelle radici mesiali dei molari inferiori e nelle mesio-vestibolari dei molari superiori. (51-53).

Il terzo apicale del canale radicolare può essere descritto secondo tre diverse valutazioni (35):

*Apice Radiografico:* deve essere inteso come termine radiografico del canale intendendo con esso il punto in cui radiograficamente il canale incontra il profilo della radice.

*Forame Apicale Maggiore (AF):* “una circonferenza o un bordo arrotondato, molto simile ad un imbuto o un cratere, che delimita la zona in cui il cemento canalare si continua con la superficie esterna della radice” (Fig.8) (28).

*Forame apicale Minore o Costrizione apicale (AC):* la porzione del canale radicolare con diametro più piccolo, il punto dove termina il tessuto pulpare ed inizia il tessuto parodontale (Fig.8).

*Apice Anatomico:* rappresenta il vertice geometrico della radice, ossia il punto ultimo della radice stessa.

Normalmente il forame apicale non è posizionato al livello dell'apice anatomico, ma è spostato di 0.5-3mm rispetto ad esso. Diversi studi hanno dimostrato che il forame apicale coincide con l'apice anatomico nel 17-46% dei casi (54-56).

Kuttler mostra, nei suoi studi, il restringimento del canale radicolare lungo il suo decorso, dai suoi orifizi alla costrizione apicale o diametro minore, che ammette essere distante 0.5-1.5mm dal forame apicale o diametro maggiore (54). In realtà molti in letteratura hanno ammesso che dalla costrizione apicale o diametro minore, il canale si allarga avvicinandosi al forame apicale o diametro maggiore; la distanza tra questi due diametri è di 0.5mm nei soggetti giovani, e di 0.67mm nei soggetti anziani. Questo aumento è legato ad una maggiore apposizione di cemento, che si ha con il passare del tempo. Lo stesso diametro del forame apicale o diametro maggiore passa dai 502µm, nei soggetti giovani tra i 18 e i 25 anni, ai 681µm nei soggetti di età superiore ai 55 anni (28).

La presenza di una tradizionale costrizione apicale (AC) è riscontrabile solo nella metà dei delle radici (57,58) frequentemente la porzione apicale del canale può essere conica, parallela o presentare costrizioni multiple. Altri autori accostano l'assenza di una normale morfologia della costrizione apicale ad un processo patologico periradicolare o un processo di riassorbimento radicolare.

Molto spesso però, nella zona del terzo apicale, possiamo non notare una classica configurazione del forame apicale, in cui il singolo canale si apre all'esterno, ma può essere presente un delta apicale. Quest'ultimo è definito da Vertucci come “una complessa ramificazione del canale radicolare al momento dell'apertura all'esterno tramite l'apice anatomico, in cui il canale principale non è distinguibile” (28).

## 1.2 Anatomia del Primo molare superiore

Il Primo Molare Superiore presenta nella stragrande maggioranza dei casi tre radici con canali indipendenti tra di loro, raramente può presentare due radici con due soli canali e in questo caso può essere il risultato della fusione tra la radice distale e quella mesiale o tra quella distale e quella palatale. La presenza di una sola radice è molto rara così come una morfologia canalare a C-Shaped; poco frequente è anche la presenza di quattro radici, più probabili per il secondo e terzo molare. La radice palatina è la più lunga e di sezione rotondeggiante, la disto-vestibolare è un po' più corta e rotondeggiante, la mesio-vestibolare è lunga come la precedente però schiacciata in senso mesio-distale. La radice palatina presenta molto spesso una curvatura diretta in senso vestibolare, talvolta accompagnata da una seconda curvatura diretta in senso opposto nella porzione più apicale; l'imbocco del canale palatino è localizzato al di sotto della cuspidine mesio-palatina (35). Il canale presenta al suo interno due canali indipendenti nel 2% dei casi (50). La radice disto-vestibolare è abbastanza dritta ma può presentare una leggera curvatura diretta sia in senso mesiale sia distale; al suo interno contiene un canale, il cui imbocco non è in diretto rapporto con la sua cuspidine, ma è più spostato in direzione palatina. Esistono tuttavia casi di due canali in questa radice, in cui il secondo canale è spostato in direzione palatina. La radice mesio-vestibolare presenta ampie dimensioni in senso vestibolo-linguale e ciò si spiega perché al suo interno possiamo trovare un solo canale nastriforme (MV1) o due canali distinti (MV1 e MV2) nel 50-60% dei casi; spesso invece i due canali si presentano con un unico forame apicale. L'imbocco del quarto canale, chiamato anche mesio-palatino, si trova sul solco che unisce il canale palatino con il mesio-vestibolare. La lunghezza media dei canali è di 20-21 mm per quelli vestibolari e 22 mm per il palatale (35). Vi è la prevalenza, inoltre, nel canale palatale e nel canale MV2 di una forma circolare del canale radicolare, una forma piatta si riscontra maggiormente nel canale MV1, mentre sia forme circolari sia piatte si riscontrano nel canale disto-vestibolare (28).

Il canale mesio-vestibolare del primo molare superiore spesso si presenta come una sfida per l'operatore, specialmente per la localizzazione e il riconoscimento del secondo canale mesio-vestibolare (26). E' indispensabile, dunque, che l'operatore utilizzi tutto ciò che ha a disposizione per riuscire a localizzare e trattare l'intero sistema radicolare. Per questo, misure diagnostiche come radiografie pre-operatorie, l'esame con una sonda del pavimento della camera pulpare, l'utilizzo di punte ad ultrasuoni per le interferenze, la colorazione del pavimento con blu di metilene all'1%, il test a "bolle di champagne" eseguito con ipoclorito di sodio e la visualizzazione dei punti di sanguinamento canalare, risultano essere importanti per localizzare gli orifizi canalari (28). Altro aiuto è quello che può essere fornito dall'utilizzo del microscopio operatorio dentale (DOM), introdotto in endodonzia per ottenere una maggiore visibilità e una maggiore illuminazione del campo operatorio (28).

In letteratura, la radice mesio-vestibolare del primo molare superiore è stata oggetto di un numero di ricerche superiore a qualsiasi altra radice (26). Weine dimostrò che l'elevata frequenza di fallimenti dei trattamenti endodontici nei primi molari superiori era legata alla difficoltà d'individuazione e otturazione del secondo canale mesio-vestibolare (59). Questo canale era stato già osservato nel 1921 da Hess e da allora l'incidenza era stata riportata e discussa da vari autori, determinando un ampliamento della conoscenza sul vasto range di variabilità di questo elemento dentario (26).

I risultati degli studi di Morfis et al. (60) e di Briseno Marroquin et al. (61) riportavano la presenza di un singolo forame apicale nel 37% dei casi, mentre di due o tre forami apicali rispettivamente nel 23% e 20% dei casi. Stropko (25) riportava come il canale MV2 era difficile da trattare perché solo occasionalmente era presente al momento dell'apertura camerale sul pavimento insieme al MV1, mentre spesso era contenuto inizialmente nel MV1 o poteva essere presente solo all'apice.

L'aumento del numero del secondo canale mesio-vestibolare è stato dimostrato clinicamente quando nuovi strumenti, come microscopi operatori o punte ultrasoniche, e nuove tecniche sono diventate disponibili (28). Baldassari-Cruz et al. (62) dimostrarono un aumento del numero del secondo canale mesio-vestibolare dal 51% ad un 82% con il microscopio, Schwarze et al. (63) riporta un aumento del 93% di canali MV2 utilizzando questo ingrandimento; Kulild e Peter (20), utilizzando il DOM, hanno riscontrato la presenza del canale MV2 nel 95% dei casi, Stropko (25) afferma la



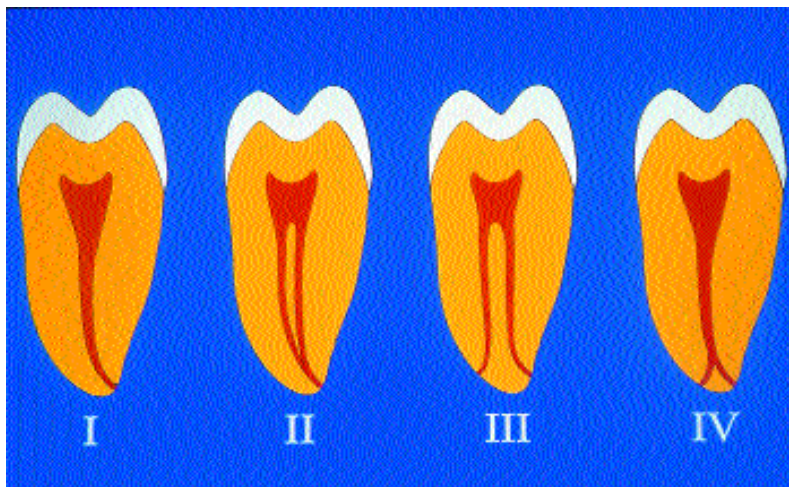
localizzazione del secondo canale mesio-vestibolare nel 93% dei primi molari superiore da lui analizzati al microscopio.

Assai difficoltoso spesso può essere il reperimento dell'imbocco del canale MV2. Gorduysus et al. (64), riportano che la localizzazione dell'imbocco canalare del MV2 giace mesialmente o su una linea immaginaria condotta dal canale MV1 a quello palatale, spostato di 2-3 mm verso quest'ultimo. Questo canale molto spesso è "nascosto" perché obliterato in parte da una sporgenza di dentina che ricopre il suo imbocco e a causa dell'inclinazione mesio-vestibolare nel suo primo tratto (25,28). Tutto questo, unito al fatto che è un canale stretto e spesso calcificato rispetto al canale MV1, rende difficile la sua strumentazione (25).

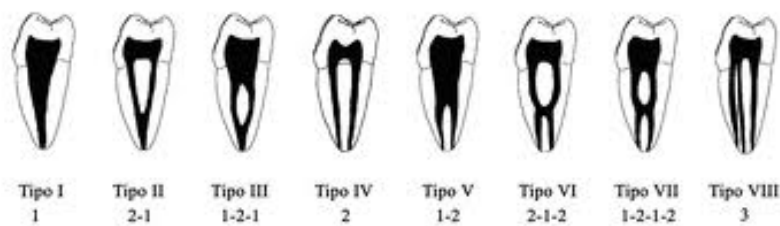
Solo raramente abbiamo la presenza sul pavimento della camera pulpare di entrambi i canali MV1 e MV2; spesso in sezione trasversale, i due imbocchi canalari assumono una forma ovale, con un canale di comunicazione nella porzione centrale, mentre altre volte il canale MV2 può originare direttamente dal canale MV1 apicalmente al suo tratto iniziale o originare solo nell'ultimo tratto apicale (Fig. 9). Alcuni dei canali MV2 possono essere valutati solo dopo una completa strumentazione del canale MV1 (25).

L'elevata incidenza d'istmi, canali accessori, delta apicale e di curvature confermano che la radice MV ha una anatomia molto complessa (65). La maggiore presenza d'istmi e canali accessori si riscontra nella porzione apicale dei canali MV e nei canali mesiali dei primi molari inferiori; il loro numero diminuisce andando in senso apico-coronale (14-62).

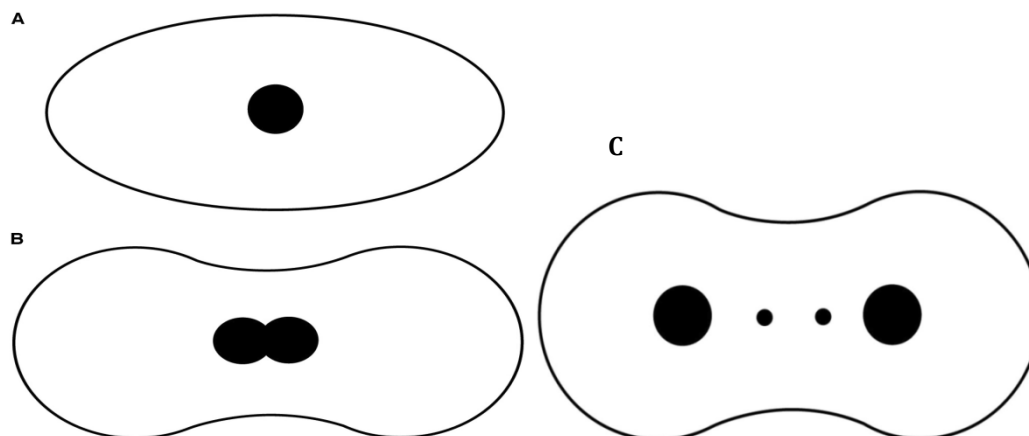
Weller et al. (42) arriva ad affermare una incidenza del 100% di istimi nella porzione apicale del canale MV dei primi molari superiori. Più tardi Mannocci et al. (66) e Vertucci et al. (28) confermano la presenza di istimi in tutte le radici in cui sono contenuti due canali. Il reperimento, dunque, di queste strutture è fondamentale per un approccio corretto alla terapia canalare (38).



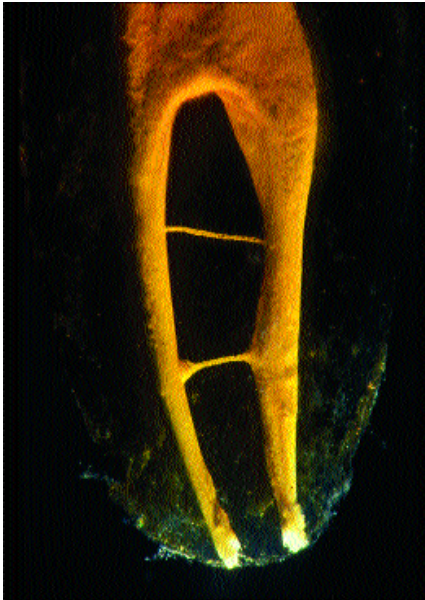
**Fig.1:** Rappresentazione schematica delle quattro possibili configurazioni canalari riscontrabili in una radice, secondo Weine. Endodonzia-Castellucci A. 1996



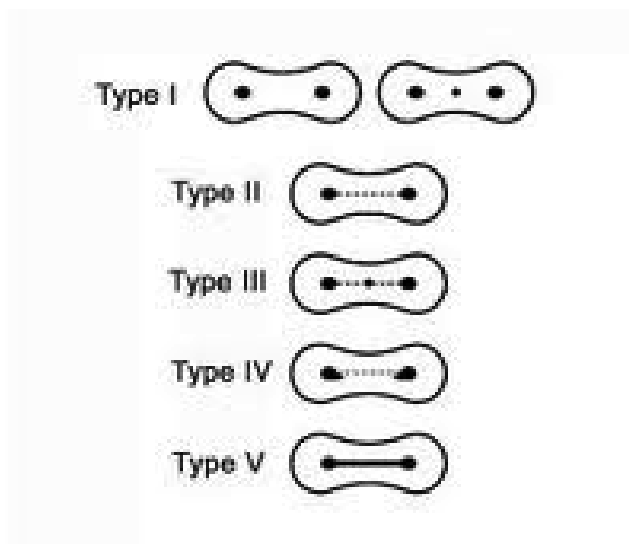
**Fig. 2:** Rappresentazione schematica delle otto possibili configurazioni canalari riscontrabili in una radice (Vertucci 2005)



**Fig 3.** Varie configurazioni canalari. A) tipologia A: singolo canale, B) tipologia B: due canali che confluiscono in un unico canale; C) tipologia D1: due canali separati con uno o più canali accessori nel mezzo. (Young Jung et al. 2005)



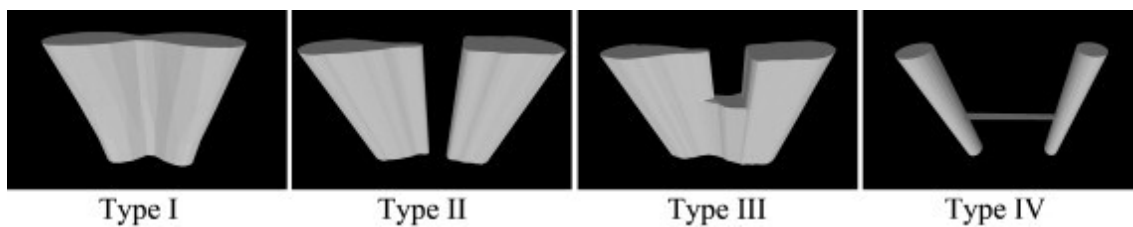
*Fig.4: Due canali con forami indipendenti ma che comunicano tra loro a due diversi livelli - Endodonzia-  
A.Castellucci 1996*



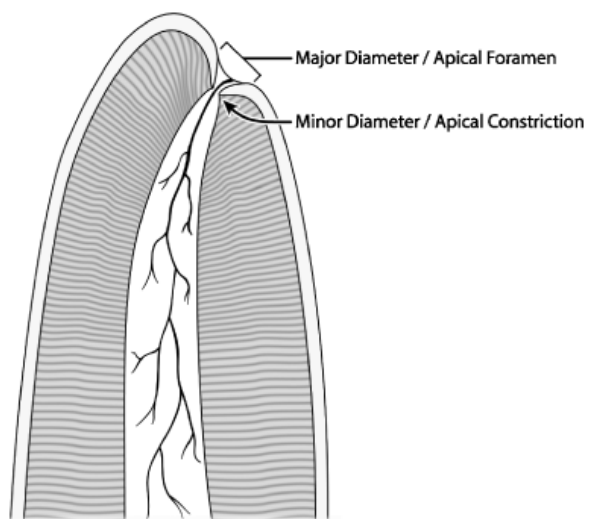
*Fig 5: Le diverse tipologie di Istmi secondo Hsu e Kim.*



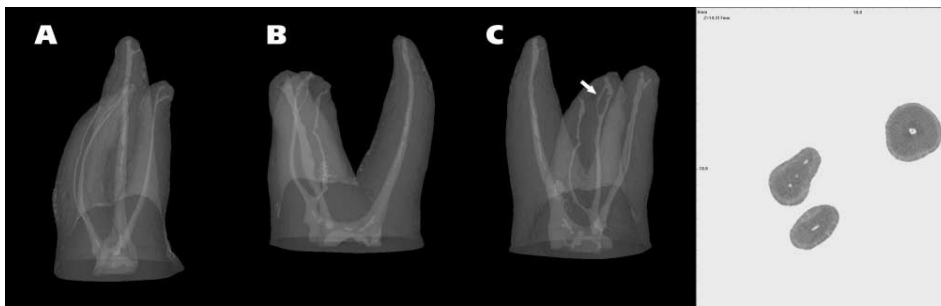
**Fig.6:** Sezione Trasversale della radice mesio-vestibolare di un primo molare superiore in cui è visibile un istmo-Castellucci A.



**Fig.7:** Classificazione degli istmi secondo Fan et al. (2010). Tipo I, connessione a lamina, Tipo II, canali separati; Tipo III, misto e di Tipo IV, connessioni “cannulari”.



**Fig.8:** Morfologia dell'apice radicolare (Vertucci 2005)



**Fig 9:** Primo molare superiore alla Micro-TC. Il canale MV2 origina 2-3 mm dal pavimento pulpare, direttamente dal canale MV1. Nella sezione orizzontale, si può osservare un loop. (Plotino et al. 2006)

## **2. OBIETTIVO DELLO STUDIO**

L'obiettivo di questo studio è stato quello di eseguire un'analisi non invasiva dei seni superiori utilizzando la Micro Tomografia Computerizzata, in modo da ottenere una minuziosa riproduzione dell'anatomia sia interna che esterna. Particolare attenzione è stata posta nel calcolare la distanza esistente a livello del pavimento della camera pulpare tra i due imbocchi canalari MV1 e MV2, sia a livello orizzontale che verticale, nonché la distanza, a livello apicale, tra apice anatomico e forame apicale maggiore.

### **3. MATERIALI e METODI**

#### 3.1. Selezione e Preparazione dei Campioni

Il campione è costituito da 22 primi molari superiori intatti, estratti per problemi paradontali o ortodontici, dai pazienti del nostro reparto (30-50 anni), precedentemente informati. Il protocollo è stato rivisto ed approvato dal comitato etico (Università Federico II di Napoli). Ogni dente doveva avere apice formato, corona intatta, assenza di lesioni cariose o restauri. Una volta estratti, gli elementi dentari vengono puliti accuratamente con l'utilizzo di un ablatore ultrasonico e di una soluzione di ipoclorito di sodio al 5.25%, in modo tale da rimuovere eventuali residui di tessuti molli e calcificazioni presenti. Ogni dente è conservato in flaconi di plastica, contenenti una soluzione di Timolo allo 0.1%, ed etichettati individualmente. I vari flaconi vengono conservati in appositi frigoriferi fino al momento dell'uso.

Successivamente si ricopre con la cera gli apici di ogni singolo dente, per poi inglobare le radici all'interno della resina (Monomer e Orthoplast della Vertex), senza che questa possa risalire attraverso i canali radicolari (Fig. 10 e Fig. 11).

Questa operazione viene eseguita affinché gli elementi dentari risultino immobilizzati, in maniera tale che le varie analisi eseguite alla  $\mu$ CT possano essere ripetute, anche dopo un'eventuale strumentazione, mantenendo la posizione esatta del campione.

#### 3.2 Micro Tomografia Computerizzata

Dalle primissime e ardite applicazioni cliniche degli anni '70, in cui il primo tomografo computerizzato consentiva esclusivamente lo studio delle strutture del cranio, oggi la tomografia computerizzata può consentirci di eseguire indagini in qualsiasi parte del corpo, dal cranio al torace all'addome, riuscendo a fornire uno studio dettagliato di scheletro, tessuti molli, parenchimi e vasi sanguigni, tutti nello stesso momento.

In radiologia la tomografia computerizzata (TC) è una metodica diagnostica per immagini, che sfrutta radiazioni ionizzanti (raggi X) e consente di riprodurre sezioni o strati corporei del paziente elaborandoli, tramite un computer, in immagini

tridimensionali. Questa metodica è nota anche come TAC o Tomografia Assiale Computerizzata o Tomografia Assistita dal Computer; l'aggettivo "assiale" è attualmente inappropriato perché le immagini non si acquisiscono più secondo un piano assiale, ma viene adottata una tecnica a spirale, così da ottenere un volume che poi verrà ricostruito dal computer nei tre piani ortogonali dello spazio.

La microtomografia è una forma miniaturizzata della tomografia assiale computerizzata, utilizzata per creare mappe tridimensionali di piccoli campioni, con una risoluzione dell'ordine dei 10 micron; questo sistema risulta essere non invasivo e non distruttivo, utili per lo studio dei tessuti duri, fornendo informazioni anche sulla struttura e la concentrazione dei minerali. Viene utilizzata anche nel campo dei materiali, in particolare per i compositi, per i quali è molto importante ottenere le immagini della formazione di eventuali fratture attraverso una metodica non distruttiva (Fig.12).

Tramite la scansione con raggi X e l'elaborazione del computer, è possibile ottenere la ricostruzione tridimensionale della microstruttura interna del nostro campione. L'immagine che si ottiene viene ricostruita dall'insieme di superfici di sezioni piane, acquisite ed elaborate durante la scansione del campione, e che possono anche fornire informazioni di tipo morfologico e densitometrico. L'attenuazione di un fascio di raggi X che attraversa un corpo, varia in modo proporzionale alla densità elettronica dei tessuti attraversati, cioè alla distribuzione spaziale degli elettroni nello strato corporeo in esame. L'unità di misura della densità elettronica è l'UH (Unità di Hounsfield), la cui scala comprende 2000 diverse tonalità di grigio, dal nero al bianco.

Poiché le immagini prodotte sono di tipo digitale, il corpo studiato viene suddiviso in una serie discreta di volume (voxel), ai quali corrisponde un elemento unico d'immagine (pixel) seguendo la scala dei grigi; le dimensioni di una singola immagine sono normalmente di 512x512 pixel, per una profondità di 16 bit/pixel. Quanto più è piccolo il volume rappresentato da un singolo pixel, tanto maggiore è la risoluzione spaziale.

Quando noi consideriamo un'immagine Rx, essa non è altro che un'immagine ombra bidimensionale che corrisponde alla proiezione di un oggetto tridimensionale; ogni punto dell'immagine ombra contiene l'integrazione dell'informazione dell'oggetto tridimensionale nella zona corrispondente al fascio Rx (Fig. 13).



Per la rotazione dell'oggetto, in ogni sua nuova posizione, si aggiungeranno all'area di ricostruzione le linee delle possibili posizioni dell'oggetto; dopo varie rotazioni siamo in grado di localizzare la posizione del punto di assorbimento all'interno dell'area di ricostruzione e, aumentando il numero di proiezioni ombra da diversi punti di vista, questa localizzazione diverrà sempre più definita (Fig. 14).

Nelle ricostruzioni con un numero infinito di proiezioni, si può ottenere un'immagine con una buona definizione della zona di assorbimento all'interno dell'oggetto; allo stesso tempo una zona sfocata accompagnerà l'immagine del puntatore, perché in questo punto le linee, provenienti da tutte le direzioni, si sovrappongono. Sapendo questo, siamo in grado di pre-correggere le informazioni iniziali in righe di assorbimento per rendere l'immagine più corrispondente all'oggetto reale (Fig 15).

Alla base del funzionamento della Micro-Tc c'è lo sviluppo di rilevatori digitali che consentono, a differenza delle tradizionali lastre fotografiche, di ottenere le immagini sotto forma di insiemi di numeri; questo permette di memorizzare facilmente i dati, di trasferirli da un computer ad un altro e soprattutto di elaborarli tramite i complessi algoritmi di ricostruzione.

Due sono le geometrie per effettuare un'indagine di tomografia e diversificare gli algoritmi di ricostruzione a seconda della forma del fascio incidente di raggi X:

-geometria fan-beam

-geometria cone-beam

Nella prima, il fascio di raggi X è collimato in modo da ottenere un fascio a ventaglio; durante l'indagine tomografica, per ogni angolo di rotazione, vengono acquisite le proiezioni del campione slice per slice e i rilevatori impiegati sono di tipo lineare.

Nella geometria cone-beam, il fascio di raggi X presenta una forma di un cono; in questo caso, per ogni angolo di rotazione, si acquisisce la radiografia dell'intero oggetto in esame grazie all'uso di grandi rilevatori bidimensionali (Fig.16).

### 3.2.1 Set Up della Scansione

Ciascun dente è stato scannerizzato utilizzando la Micro-TC (SkyScan 1072, SkyScanb.v.b.a., Aartselaar, Belgium) e le procedure d'indagine sono state completate usando a 10 W, 100kV, 98 $\mu$ A, una pellicola d'alluminio di 1mm di spessore e un'ingrandimento x 15, con un tempo di esposizione di 5,9 secondi e step di rotazione di 0.90°.

Le procedure di acquisizione consistevano nella realizzazione di diverse proiezioni laterali bidimensionali dei campioni in corso di rotazione di 180° intorno ad un asse verticale. Il livello di Thresholding prescelto è stato 65. Le immagini sono state processate attraverso un algoritmo di ricostruzione cone-beam che permette allo Skyscan una ricostruzione in 2D.

I dati digitali sono stati ulteriormente elaborati dal software di ricostruzione (NRecon V1.4.0; Skyscan) fornendo nuove sezioni assiali con una dimensione dei pixel di 19,1x19,1 micron. La distanza tra ogni sezione è stata di 38 micron.

### 3.2.2 Ricostruzione Tridimensionale (3D)

Le sezioni trasversali sono state raccolte per campione e, dopo la ricostruzione con sistema cone-beam, i dati grezzi sono stati convertiti come file d'immagine a 16-bit nella scala dei grigi, con una risoluzione di 1024x1024 pixel. Le immagini sono state acquisite da 502 sezioni di ogni singolo dente.

Successivamente le immagini delle varie sezioni sono state importate in un software di visualizzazione 3D (Mimics 12.1 Software; Materialize, Leuven, Belgio). La ricostruzione 3D ha consentito l'analisi della superficie esterna della radice e del canale radicolare interno.

Per apprezzare l'anatomia interna, l'immagine del dente è stata resa trasparente.

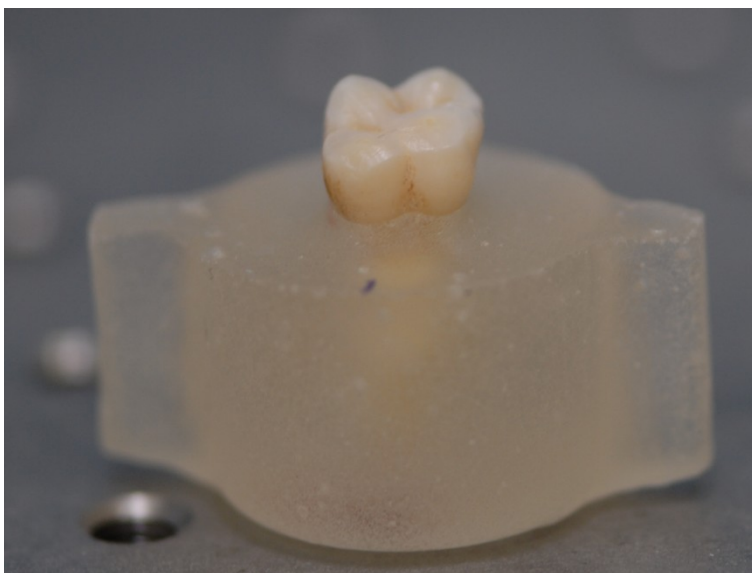
### 3.3 Parametri Anatomici osservati

Le immagini ottenute con la Micro-TC vengono processate ed analizzate per ricercare i parametri anatomici di interesse del nostro studio.

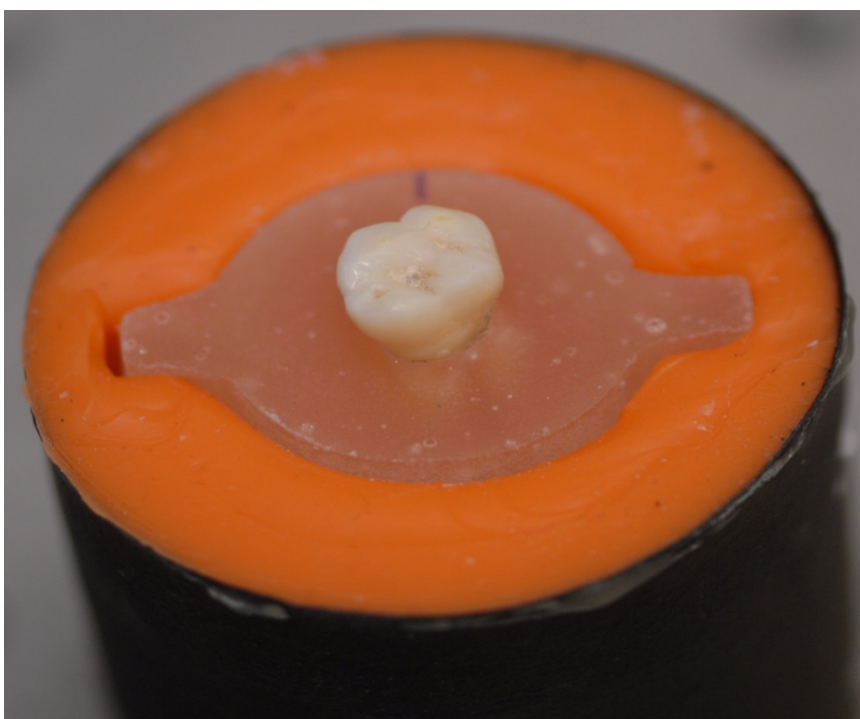
Si valutano:

- Prevalenza delle differenti tipologie canalari [in accordo con la classificazione di Weine (1) e di Vertucci (28)].
- Distanza verticale tra la slide passante per il pavimento della camera pulpare dove è presente l'imbocco del canale MV1 e quella passante per l'imbocco del canale MV2, se esso non è presente sul pavimento della camera (Fig.17) e la distanza orizzontale tra gli imbocchi MV1 ed MV2. Il pavimento della camera pulpare è scelto arbitrariamente come la prima slide in 2D dove sono presenti tre imbocchi canalari. La distanza orizzontale è calcolata tra i centri dei due imbocchi, a livello della pavimento della camera pulpare, laddove sia già visibile l'imbocco MV2 o più apicalmente, sulla slide dove esso sia visibile.
- Il numero di forami apicali. Il forame è definito come “una circonferenza o un bordo arrotondato, molto simile ad un imbuto o un cratere, che delimita la zona in cui il cemento canalare si continua con la superficie esterna della radice” (Vertucci 2005).
- Prevalenza di delta apicali , definiti come “una complessa ramificazione del canale radicolare vicino all'apice anatomico, in cui il canale principale non è distinguibile” (Vertucci 2005).
- Distanza tra l'apice anatomico (vertice geometrico della radice) e il forame apicale maggiore, definito come la zona dove il canale lascia la superficie radicolare in prossimità del legamento parodontale (American Association of Endodontists, 1984)]. Per misurare questa distanza, abbiamo arbitrariamente scelto come slide in 2 D rappresentativa del forame quella media tra la prima immagine del forame (AF1) e l'ultima (AF2) (Fig. 18). In presenza di un delta apicale o di più di tre forami apicali, abbiamo arbitrariamente scelto, come principale forame apicale, il più grande.

- Prevalenza di canali accessori definiti come “qualsiasi porzione di polpa canalare o della camera che comunica con l’esterno della superficie radicolare” (Vertucci 2005).
- Prevalenza di loops definiti come “qualsiasi porzione di polpa del canale principale che si separa da esso per poi ritornare allo stesso canale principale” (Vertucci 2005)
- Prevalenza di istmi descritti come “strette comunicazioni, a forma di nastro, che decorrono tra due canali e al cui interno vi è la presenza di tessuto pulpare” (Weller et al. 1995), loro localizzazione e classificazione secondo Fan et al. (2010)



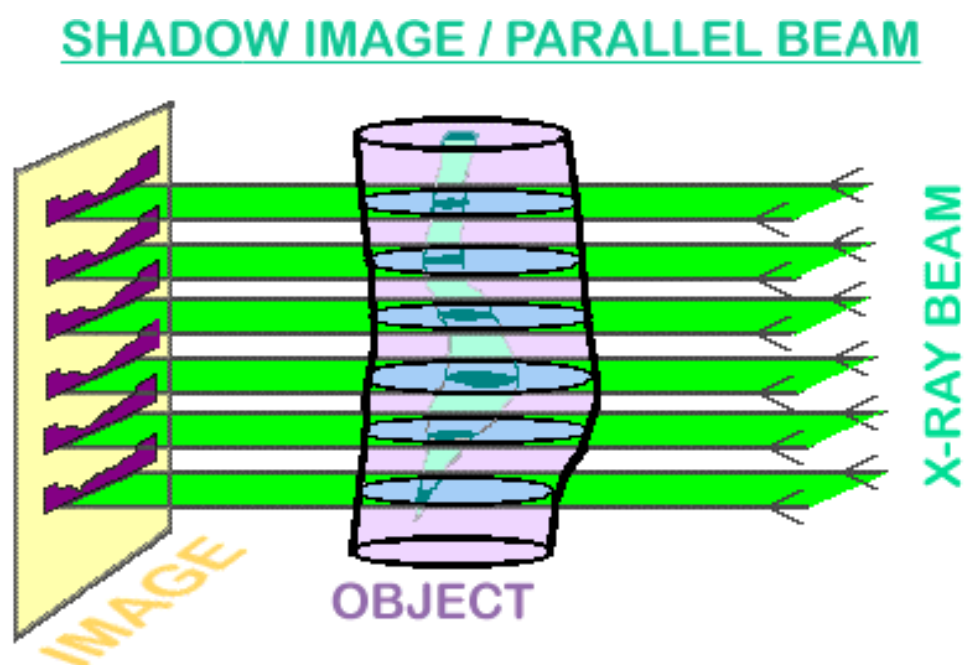
**Fig 10:** *Elemento dentario correttamente preparato ed inglobato nella resina.*



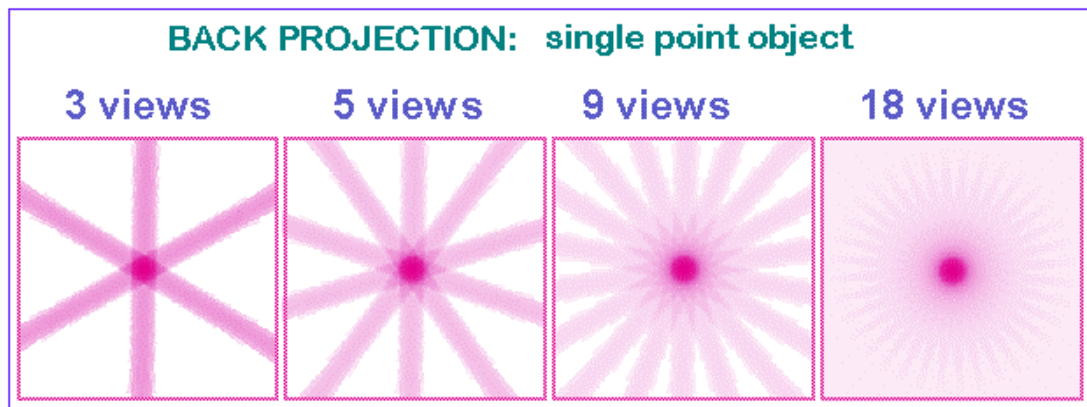
**Fig.11:** *Elemento dentario inglobato nella resina e riposto nel suo sostegno.*



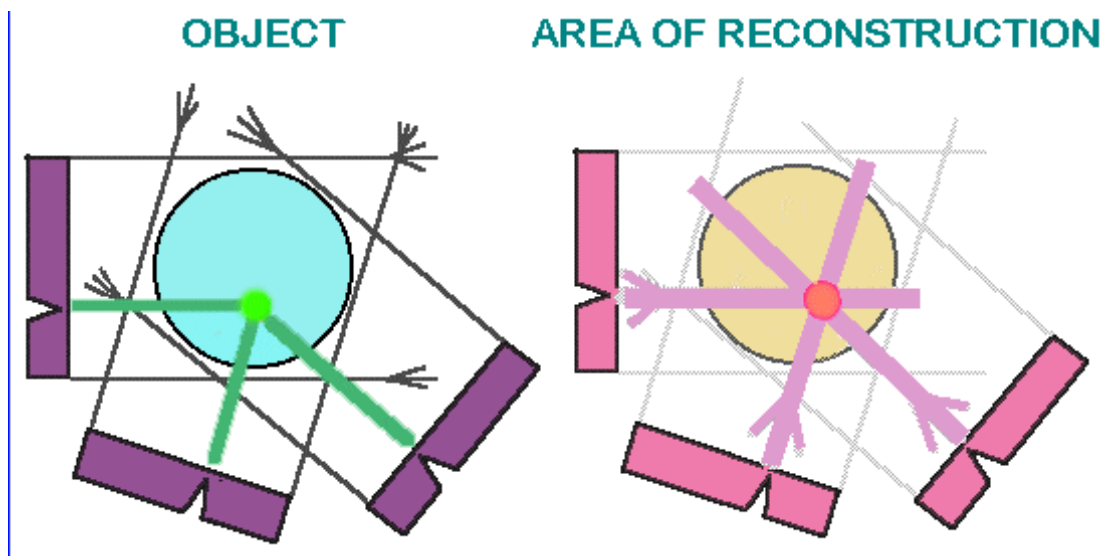
*Fig.12: Micro tomografo Skyscan 1072*



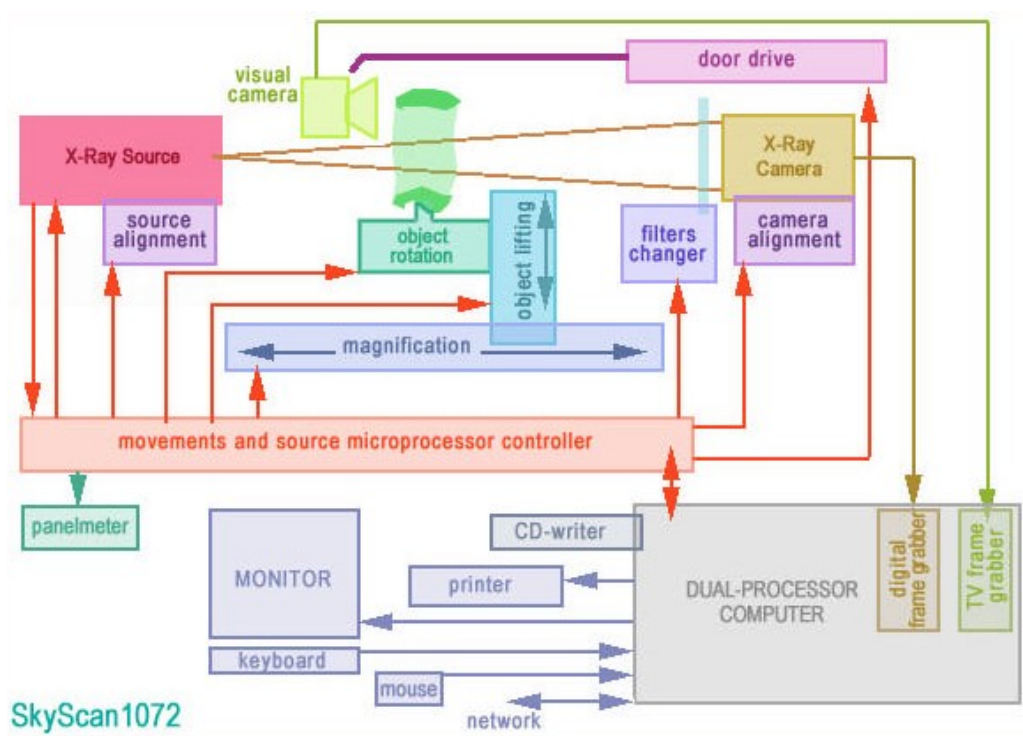
*Fig.13: Immagine Rx bidimensionale a partire da un oggetto tridimensionale*



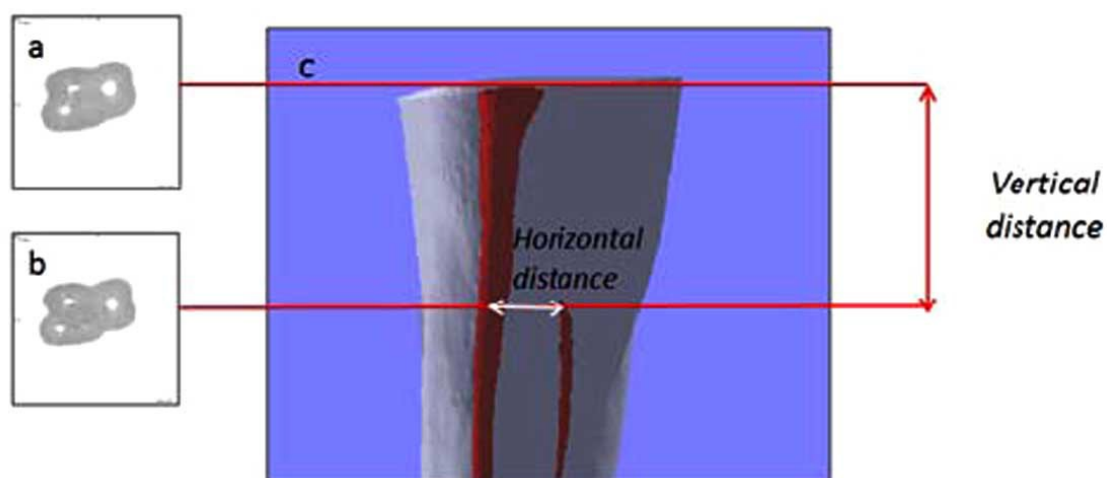
*Fig.14: Aumentando il numero di proiezioni oMVra, la localizzazione dell'oggetto diverrà più nitida*



*Fig.15: La definizione dell'immagine migliora aumentando il numero di proiezioni*

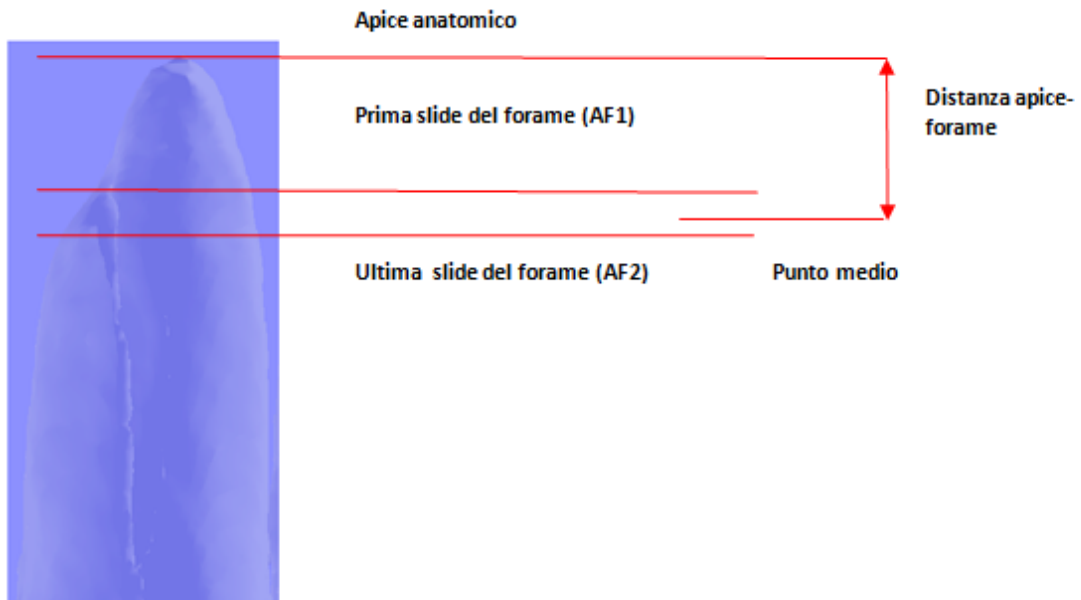


**Fig. 16:** Schema di funzionamento della Micro-TC



**Fig. 17:** Rappresentazione in 2D e 3D della distanza verticale e orizzontale tra i due imbocchi canalari MV. Slide con tre forami (a), slide con quattro forami (b). Immagine in 3D (c)





**Fig 18.** Immagine tridimensionale del terzo apicale. Per il forame apicale convenzionalmente è scelta la slide media tra AF1 e AF2

## 4. RISULTATI

### 4.1 Configurazione del Numero e dei Canali Radicolari

Tutti i denti analizzati presentano tre radici. Ci sono diciassette denti (77.27 %) che presentano quattro canali; i restanti cinque hanno tre canali. La configurazione dei canali disto-vestibolari, mesio-vestibolari e palatali, è stata esaminata e classificata secondo la metodica di Weine e Vertucci (Tab1 e Tab.2)

L'analisi dei dati rivela che solo il 78% dei canali può essere classificato secondo Weine. Le Tabelle 1 e 2 rivelano la prevalenza dei canali radicolari di Tipo I. I canali non classificabili, che presentano un delta apicale o tre forami apicali (8/87) o che mostrano una variabilità anatomica (10/87), sono tuttavia classificabili in accordo con Vertucci (Fig. 1). Infatti, quando i canali sono stati classificati in accordo con Vertucci (Tab 2, Vertucci 2005), è stato possibile classificare il 90% di essi. Gli otto canali rimanenti non sono stati classificati perché presentavano un delta apicale o tre forami apicali differenti.

Il 77,27% delle radici MV presentano canali MV2 e il 29,41% dei canali MV2 sono indipendenti dai canali MV1. Le Tabelle 3 e 4 riportano dati dettagliati delle tipologie di radici. Il 63,63% dei canali MV1 e il 52,95% dei canali MV2 sono stati classificati in accordo con Weine (Tabella 3) e la morfologia più comune dei canali MV1 e MV2 era il Tipo III.

L'analisi dei canali MV1 e MV2 secondo la metodica di Vertucci ha riportato 83,37% di canali MV1 e 82,36% di canali MV2 (Tab 4). Inoltre, la maggior parte dei canali DV e P (95,45% e 90,90% rispettivamente), presentano una configurazione di Tipo I, in accordo con entrambe le metodiche.

### 4.2 Distanza tra gli imbocchi canalari MV1 e MV2

Cinque denti esaminati mostrano tre imbocchi canalari e non c'è il canale MV2. Altri dieci denti, invece, presentano un canale MV2 il cui imbocco non è visibile sul pavimento della camera ma più in basso. In questo caso la distanza tra la slide del pavimento della camera pulpare e quella in cui è presente l'imbocco MV2 (Fig.17) è di

1.68±0.83. Gli altri denti mostrano già a livello del pavimento 4 imbocchi. La distanza orizzontale tra gli imbocchi è in media 1.21± 0.5 mm.

#### 4.3 Numero di Forami Apicali e Presenza di Delta Apicale

Il 74,24% (n=49) di tutti i canali (MV, DV e P) esaminati, mostrano un solo forame apicale, mentre il 18,18% (n=12) mostrano due forami apicali, in particolare la radice MV (11/12). Tre radici presentano un delta apicale, mentre due radici presentano tre forami apicali (con diametro massimo di 10 nm) (Tab. 5) (Fig. 19).

#### 4.4 Distanza tra l'Apice Anatomico (vertice apicale della radice) e il Forame Apicale Maggiore

L'analisi delle radici mostra che il forame apicale maggiore non coincide con l'apice anatomico (Fig. 20).

La localizzazione del forame apicale varia considerevolmente, tendendo “nascondersi”, palatalmente o distalmente. .

Le radici palatali (n=22) presentano una distanza media di  $0,488 \pm 0,224$  mm tra l'apice anatomico e il forame apicale. Le radici disto-vestibolari (n=22) presentano valori di distanza pari a  $0,371 \pm 0,182$  mm. I canali mesio-vestibolari (n=22) hanno i valori più alti, rispetto agli altri canali. In particolare, quando la radice MV ha un solo canale, la distanza tra apice anatomico e forame apicale è di  $0,712 \pm 0,543$  mm, mentre il canale MV2 mostra valori di distanza di  $1,416 \pm 0,650$  mm.

#### 4.5 Presenza di Canali Accessori, Loop e Istmi

La presenza di canali accessori, loop e istmi è riportata nella Tabella 6 e 7.

I canali accessori sono presenti nel 33.33% delle radici (n=22), tutti localizzati nel terzo apicale (Fig.21). Sono presenti principalmente nelle radici mesio-vestibolari (11/22 radici) e nelle radici palatali (9/22). Inoltre i loop sono stati trovati nel 6,06% (n=4) dei

campioni, in particolare nei canali mesiovestibolati (nella porzione coronale e del terzo apicale) (n=2), e nei canali disto-vestibolari (nel terzo medio) (n=2) (Fig.22).

Gli istmi (n=25) sono stati trovati in 15 canali mesio-vestibolari, mentre in 6 canali mesio-vestibolari sono stati trovati istmi multipli (40%). La maggior parte degli istmi è localizzata nel terzo medio (12/25) (Fig.4). Gli istmi sono in prevalenza di tipo I secondo Fan et al. (15/25). Anche le altre tipologie sono rappresentate: il tipo II (3/25) e il tipo IV (7/25).

	No. Canali (n/%)
Tipo I	44(50,57)
Tipo II	8(9,63)
Tipo III	10(12,04)
Tipo IV	3(3,61)
Non classificabili secondo Weine	18(21,68)

**Tab. 1:** Prevalenza (%) delle differenti tipologie canalari secondo Weine et al. (1969)(n=83).

	No. Canals (n/%)
Tipo I	44(50,57)
Tipo II	8(9,63)
Tipo III	2(2,4)
Tipo IV	10(12,04)
Tipo V	3(3,61)
Tipo VI	6(7,22)
Tipo VII	2(2,340)
Tipo VIII	-
Non classificabili secondo Vertucci	8(9,63)

**Tab. 2:** Prevalenza (%) delle differenti tipologie canalari secondo Vertucci (2005)(n=83).

	Radice Mesiovestibolare		Radice Distovestibolare	Radice Palatale
	canali MV1 (n/%)	canali MV2 (n/%)	(n/%)	(n/%)
Tipo I	3(13,63)		21(95,65)	20(90,90)
Tipo II	4(18,18)	4(23,53)		
Tipo III	5(22,72)	5(29,41)		
Tipo IV	2(9,09)			1(4,54)
Inclassificabili secondo Weine	8(36,36)	8(47,05)	1(4,54)	1(4,54)
Tot.	22	17	22	22

**Tab 3.** Prevalenza(%) delle differenti tipologie canalari delle radici MV, P e DB in accordo con Weine et al.(1969).

	Radice Mesiovestibolare		Radice Dito vestibolare	Radice Palatale
	canali MV1 (n/%)	canali MV2 (n/%)	(n/%)	(n/%)
Tipo I	3(13,63)		21(95,65)	20(90,90)
Tipo II	4(18,18)	4(23,53)		
Tipo III	1(4,54)	1(5,88)		
Tipo IV	5(22,72)	5(29,41)		
Tipo V	2(9,09)			1(4,54)
Tipo VI	3(13,63)	3(17,64)		
Tipo VII	1(4,54)	1(5,88)		
Tipo VIII				
Inclassificabili secondo Vertucci	3(13,63)	3(17,64)	1(4,54)	1(4,54)
Tot.	22	17	22	22

**Tab 4.** Prevalenza delle differenti tipologie canalari delle radici MV, P e DB in accordo con Vertucci (2005).

	1 forame	2 forami	3 forami	delta apicali
Radice MV	8	11	2	1
Radice DV	21	-	-	1
Radice P	20	1	-	1
Tot.	49	12	2	3

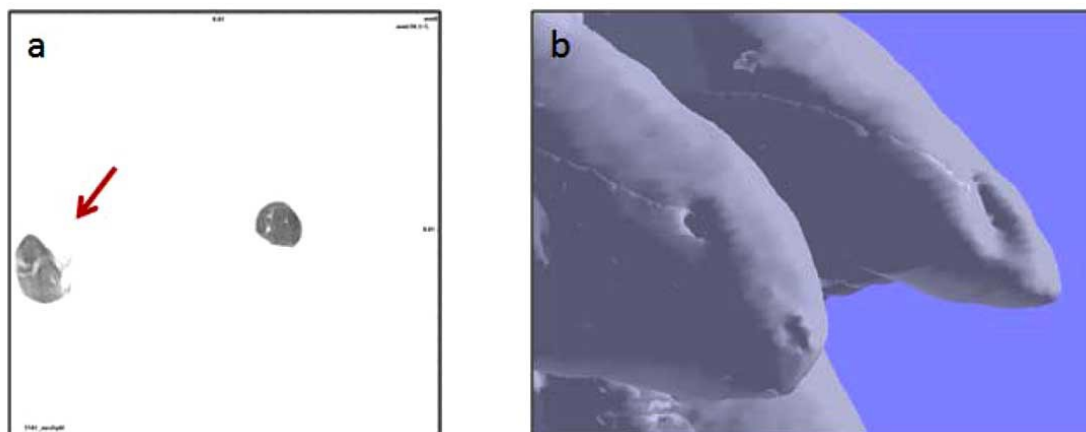
**Tab 5.** Numero di forami apicali

	Tot.	Radice MV (n/%)	Radice DV (n/%)	Radice P (n/%)
Canali accessori	22	11(50%)	2(9,09%)	9(40,9%)
Loop	4	2(9,09%)	2(9,09%)	-

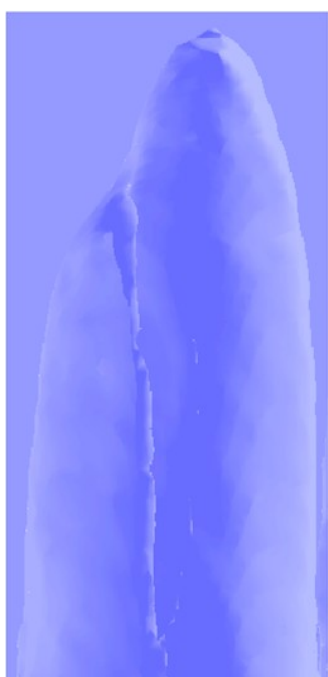
**Tab 6.** Prevalenza di canali accessori e loop.

	Terzo coronale (n/%)	Terzo medio (n/%)	Terzo apicale (n/%)
Istmi	9 (36%)	12 (48%)	24 (16%)

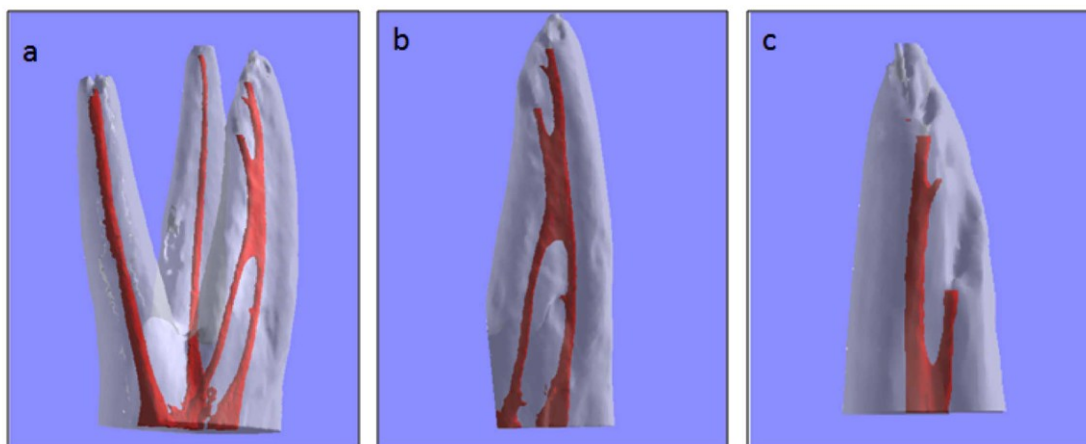
**Tab 7.** Prevalenza degli istmi



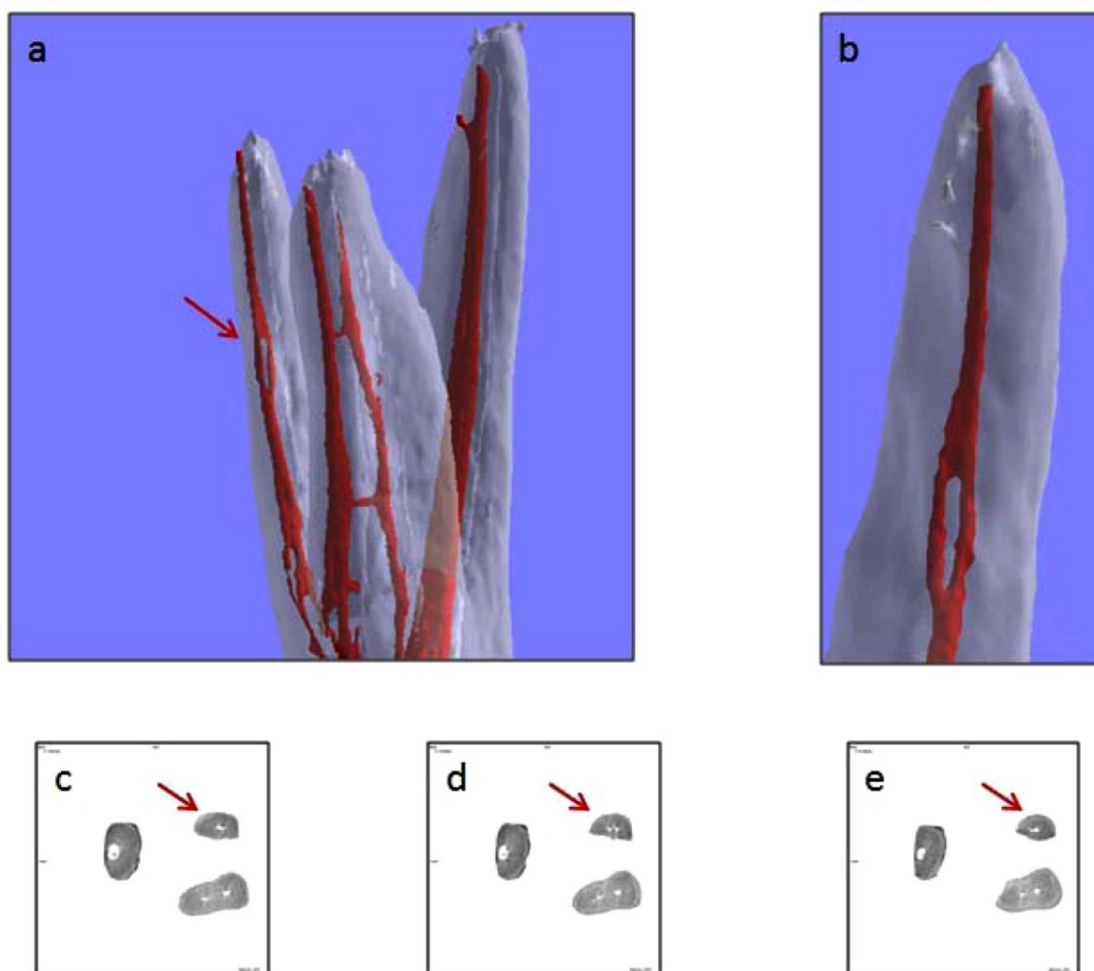
**Fig 19.** Immagine di un delta apicale in 2D (a) e 3D(b)



**Fig. 20:** L'apice anatomico non coincide spesso con il forame apicale maggiore



**Fig. 21:** Canale accessorio in radice MV (a). Particolare (b). Maggiore ingrandimento(c)



**Fig.22:** Immagine di un loop . Immagine 3D (a) e ingrandimento (b). Immagini 2D , Prima del loop (c), del loop (d), e dopo il loop (e).



## 4. DISCUSSIONE

Il corretto trattamento endodontico non può prescindere da una conoscenza approfondita dell'anatomia canalare che permetta di ridurre sensibilmente, insieme ad una migliorata capacità di detersione e sagomatura, la percentuale di insuccessi. Senza dubbio, il fallimento nel localizzare e nel trattare il canale MV2 nei sesti superiori inficia la prognosi a medio e lungo termine (1). Allo scopo di semplificare i trattamenti, diversi studi hanno inteso reperire e valutare la morfologia canalare dei canali MV2 con diverse tecniche (23, 26-28, 36, 38, 39, 67-69). I metodi tradizionali in vitro per studiare l'anatomia canalare sono distruttivi per il campione oppure introducono dei cambiamenti irreversibili, tali da non rendere più utilizzabile lo stesso. Al contrario, la  $\mu$ CT è un sistema non invasivo, il cui approccio conservativo permette una valutazione precisa ed accurata dell'anatomia canalare. La ricostruzione in 3D è utile per mettere insieme diverse parti del dente. La morfologia interna ed esterna del dente può essere agevolmente e convenientemente ricostruita grazie all'espedito di rendere i tessuti duri del dente trasparenti e la polpa opaca. I risultati di questo studio hanno mostrato che sette denti presentano quattro imbocchi sul pavimento della camera pulpari, mentre per altri dieci denti i canali MV2 non sono visibili a questo livello. Pertanto, il 77,27% di denti presenta quattro imbocchi. Interessante notare che la distanza verticale media tra i due piani passanti per gli imbocchi MV1 e MV2 è di  $1,68 \pm 0,83$  mm, mentre la distanza orizzontale media è di  $1,21 \pm 0,5$  mm. Questi dati sono in accordo con quelli degli studi precedenti, che hanno utilizzato tecniche differenti. Gilles et al. (69) mostrano la presenza di quattro imbocchi nel 81 % dei primi molari analizzati al SEM e la distanza media tra gli imbocchi MV1 e MV2 è approssimativamente di 2.31 mm. Altri studi (20, 60) usavano il DOM per valutare la localizzazione del canale MV2 e la distanza tra gli imbocchi mesio-vestibolari nei primi molari superiori. Essi riportano dati approssimativamente simili ai nostri. Tuttavia, Kulild e Peters osservano una distanza di 1.82 mm (20).

L'interesse di questo studio è stato produrre, rispetto agli studi precedenti, informazioni circa la distanza verticale tra i due imbocchi della radice mesiovestibolare, dal momento che per l'operatore è importante, nella pratica clinica, reperire il canale MV2 anche più apicalmente rispetto al pavimento della camera. La complessa morfologia

della radice MV è stata soggetta di numerosi studi ma i risultati sono discordanti, a causa dei differenti metodi utilizzati. Negli studi clinici la percentuale di reperimento del canale MV2 varia dal 18.6 % (70) all'80.3 % (71). Gli studi di laboratorio mostrano, ragionevolmente, percentuali di reperimento del "quarto canale" maggiori, che variano dal 30 % (72) al 96% (20). In questo studio i canali MV2 sono presenti del 77.27% dei campioni e il 29.41 % di essi decorre completamente separato dal canale MV1. Risultati, questi, fondamentalmente in accordo con altri studi recenti con la  $\mu$ CT, con la stessa numerosità campionaria (40, 67). Somma *et al.* (40) osservano una percentuale di canali MV2 completamente separati dai rispettivi MV1 più elevato (42% vs. 29.41%), mentre Verma & Love reperiscono 18 radici MV con due canali e due radici che mostrano canali indipendenti (67). Mediante la CBCT (cone beam computed tomography), Blattner *et al.* (73) riportano una percentuale più bassa di canali MV2 (57.9%) rispetto ai nostri dati e a quelli degli studi precedenti (40,67). Queste differenze possono essere dovute alle differenti tecniche, o meglio alla minore risoluzione delle immagini alla CBCT.

In questo lavoro il principale scopo è stato localizzare gli imbocchi canalari e valutare la posizione del forame apicale maggiore rispetto all'apice anatomico della radice. Non è mancato però l'interesse nel ricercare le altre caratteristiche anatomiche che fanno del sesto superiore un dente la cui terapia canalare risulta il più delle volte complessa.

Come già riferito da altri studi (25, 28) l'imbocco del canale MV2 si trova nelle vicinanze del canale MV1 in direzione vestibololinguale, leggermente mesiale ad una linea immaginaria che unisce il canale MV1 al canale palatino.

Diversi studi si sono occupati di valutare la distanza orizzontale tra gli imbocchi MV1 e MV2, sia a livello del pavimento della camera sia più apicalmente, mediante differenti tecniche, tra cui il SEM, il microscopio operatorio (20, 64, 69) ma non la  $\mu$ CT. In questo studio, inoltre, si è evidenziato che nel 63.63 % delle radici mesio-vestibolari sono presenti istmi multipli o singoli. E' più probabile, in aggiunta, reperirli nel terzo medio (48%), come altrimenti riportato (36, 40). La maggioranza degli istmi è catalogata come Tipo I, secondo Fan *et al.* (44). Il reperimento degli istmi prevalentemente nella radice mesiovestibolare è essenzialmente in accordo con

Vertucci (28). La presenza di loop in prevalenza nel terzo apicale delle radici mesiovestibolare rende i nostri dati simili a quello ottenuti da Somma et al. (40). Anche i dati sui canali accessori, frequenti al terzo apicale, sono in accordo con quelli ottenuti da altri studi con la  $\mu$ CT (40). Il 47.05% (8/17) dei canali MV2 termina con un apice indipendente. Questi risultati sono in linea con quelli di Verma & Love (67). Recentemente, uno studio sulle radici dei molari superiori mostra che la costrizione apicale (AC) non è presente in una percentuale significativa di radici (57). Inoltre, la costrizione apicale è soprattutto un reperto istologico, mentre il forame apicale maggiore (AF) può essere un punto di riferimento utile per la strumentazione e otturazione (57). Quindi, in questo studio, ci si è concentrati sul forame apicale maggiore piuttosto che sulla costrizione apicale, e abbiamo valutato le distanze tra AF e apice anatomico della radice. Il forame apicale maggiore coincide con l'apice anatomico nel 17-46% dei casi (54,57,58) mentre quando non corrispondono, il forame apicale maggiore ha rispetto all'apice anatomico una distanza variabile. Gutierrez et al. (55) hanno valutato questa distanza al SEM, che risultava compresa tra 0,62-3,80 mm nelle radici mesio-vestibolari, tra 0,23-0,93 mm nelle radici disto vestibolari e 0,8-2,12 mm nelle radici palatali. I nostri risultati, effettuati mediante analisi  $\mu$ CT sono in linea con gli studi precedenti, confermando una maggiore distanza tra forame apicale e apice anatomico nelle radici mesio-vestibolari. Inoltre, questi dati dimostrano che il forame apicale maggiore è deviato e non coincidente con il vertice apicale in tutte le radici esaminate suggerendo che riferirsi clinicamente alle sole immagini radiografiche potrebbe anche per l'operatore esperto far commettere errori nello stimare correttamente la "lunghezza di lavoro", inficiando in questo modo il successo del trattamento.

## **6. CONCLUSIONI**

Questo studio conferma, come gli studi precedenti, che la mCT è una buona metodologia, versatile e non invasiva per valutare l'anatomia degli elementi dentari. Essa permette di effettuare un'analisi dettagliata e minuziosa del sistema dei canali radicolari del sesto superiore. In particolar modo risultano interessanti i dati circa il reperimento degli imbocchi canalari dei canali MV2 e la posizione del forame apicale maggiore e dell'apice anatomico. Pertanto, le ulteriori caratteristiche anatomiche riportate nel presente studio potrebbero agevolare il professionista nella conoscenza del sistema canale del sesto superiore nonché nella strumentazione e nell'otturazione tridimensionale dello stesso.

## **BIBLIOGRAFIA :**

1. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanson L. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1969; 28: 419–25.
2. Vertucci FJ (1974) The endodontic significance of the mesiobuccal root of the maxillary first molar. *US Navy Medicine* 63, 29–31.
3. Hess, W. Zurcher, E.: The anatomy of the root canals of the teeth of the permanent dentition and the anatomy of the root canals of the teeth of the deciduous and of first permanent molars. Willuam Wood &CO., New York, 1916.
4. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the mandibular anterior teeth. *JADA* 1974;89(2):369-71.
5. Bone J, Moule AJ. The nature of curvature of palatal canals in maxillary molar teeth. *Int Endod J* 1986;19(4):178-86.
6. Neaverth EJ, Kotler LM, Kaltenbach RF. Clinical investigation (in vivo) of endodontically treated maxillary first molars. *J Endod* 1987;13(10):506-12.
7. Fogel HM, Peikoff MD, Christie WH. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar: a clinical study. *J Endod* 1994;20(3):135-7
8. Carabelli G.: Systematisches Handbuch der Zahnheilkunde. Braunmuller and Seidel, Wien 1844.
9. Hess, W.: The Anatomy of the Root Canals of the teeth of the Permanent Dentition. John Bale Sons and Danielson, London 1925.
10. Adloff, P.: Das Durchsichtigmachen von Zahnen und unsere Wurzel-  
fullungsmethoden. *Dtsch. Monatsschr. Zahnheilkd.* 31:445, 1913
11. Meyer, W.: Die Darstellung der Wurzelkanale. *Zahnrtl. Rdsch.* 64:532, 1955.
12. Meyer, W.: Die Anatomie der Wurzelkanale, dargestellt an mikroskopischen  
Rekonstruktionsmodellen. *Dtsch. Zahnarzl. Z.* 25:1064, 1970.
13. Okamura T. Anatomy of the root canals. *J Am Dent Assoc* 1927;14:632– 6.
14. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral  
Med Oral Pathol* 1984;58:589 –99.

15. Hess W. The anatomy of the root-canals of the teeth of the permanent dentition, part New York: William Wood and Co., 1925.
16. Zurcher E. The anatomy of the root-canals of the teeth of the deciduous dentition and of the first permanent molars, part 2. New York: William Wood and Co., 1925.
17. Thomas RP, Moule AJ, Bryant R. Root canal morphology of maxillary permanent first molar teeth at various ages. *Int Endod J* 1993;26:257– 67.
18. Black GV. Descriptive anatomy of the human teeth. 4th ed. Philadelphia: S. S. White Dental Manufacturing; 1897:115-6.
19. Green D. Morphology of the pulp cavity of the permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1955;8(7):743-59.
20. Kulild JC, Peters DD. Incidence and configuration of canal systems in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars. *J Endod* 1990;16(7):311-7.
21. Pecora JD, Woelfel JB, Sousa Neto MD, Issa EP. Morphologic study of the maxillary molars. Part II: internal anatomy. *Braz Dent J* 1992; 3: 53-7.
22. Fogel HM, Peikoff MD, Christie WH. Canal configuration in the mesiobuccal root of the maxillary first molar: a clinical study. *J Endod* 1994;20:135–7.
23. Buhrley LJ, Barrows MJ, BeGole EA, Wenckus CS. Effect of magnification on locating the MV2 canal in maxillary molars. *J Endod* 2002;28:324 –7.
24. Sempira HN, Hartwell GR. Frequency of second mesiobuccal canals in maxillary molars as determined by use of an operating microscope: a clinical study. *J Endod* 2000;26:673– 4.
25. Stropko JJ. Canal morphology of maxillary molars: clinical observations of canal configurations. *J Endod* 1999;25:446 –50.
26. Cleghorn BM, Christie WH, Dong C (2006) Root and root canal morphology of the human permanent maxillary first molar: a literature review. *Journal of Endodontics* 32, 813–21.
27. Baratto FF, Zaitter S, Haragushiku GA, de Campos EA, Abuabara A, Correr GM. Analysis of the internal anatomy of maxillary first molars by using different methods. *J Endod* 2009; 35: 337-42.
28. Vertucci FJ (2005) Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics* 10, 3–29.
29. Lyrroudia K, Samakovitis G, Pitas I, LaMVrianidis T, Molyvdas I, Mikrogeorgis

- G. 3D reconstruction of two C-shape mandibular molars. J Endod 1997;23(2):101-4.
30. Mikrogeorgis G, Lyroudia KL, Nikopoulos N, Pitas I, Molyvdas I, LaMVrianidis TH. 3D computer-aided reconstruction of six teeth with morphological abnormalities. Int Endod J 1999;32(2):88-93.
  31. Lyroudia K, Mikrogeorgis G, Bakaloudi P, Kechagias E, Nikolaidis N, Pitas I. Virtual endodontics: three-dimensional tooth volume representations and their pulp cavity access. J Endod 2002;28(8):599-602.
  32. Plotino G, Grande NM, Pecci R, Bedini R, Pameijer CH, Somma F (2006) Three-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying the external and internal macromorphology of teeth. Journal of the American Dental Association 137, 1555–61.
  33. Blake Nielsen, R,: Microcomputed Tomography An Advanced System for Detailed Endodontic Research. Journal of Endodontics 1995;21(11):561-568.
  34. Ramamurthy R, Scheetz JP, Clark SJ, Farman AG. Effects of imaging system and exposure on accurate detection of the second mesio-buccal canal in maxillary molar teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006;102:796–802.
  35. Castellucci, A.: Endodonzia, Ed. Martina 1996.
  36. Eder A, Kantor M, Nell A, *et al.* Root canal system in the mesiobuccal root of the maxillary first molar: an *in vitro* comparison study of computed tomography and histology. Dentomaxillofac Radiol 2006; 35: 175-7.
  37. Lee JK, Ha BH, Choi JH, Heo SM, Perinpanayagam H. Quantitative three-dimensional analysis of root canal curvature in maxillary first molars using micro-computed tomography. J Endod 2006; 32: 941-5.
  38. Park JW, Lee JK, Choi JH, Perinpanayagam H. Three-dimensional analysis of maxillary first molar mesiobuccal root canal configuration and curvature using micro-computed tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009; 108: 437-42.
  39. Rudolf Beer, Michael A. Baumann, Syngcuk Kim: Endodonzia, Ed. Masson 1997.
  40. Somma S., Leoni D., Plotino G., Grande N.M., Plasschaert A.: Root canal morphology of the mesiobuccal root of maxillary first molars, a micro-computed tomographic analysis. International Endodontic Journal 2009 42:165-174
  - 41 Il-Young Jung, Myoung.Ah Seo, Ashraf F.Fouad, Larz S.W.Spangberg, Seung

- J.Lee, Hee Jin Kim, Kee Yeon Kum: Apical Anatomy in Mesial and Mesiobuccal Roots of Permanent First Molars 2005. JOE 31(5):364-368.
- 42 Weller NR, Niemczyk SP, Kim S (1995) Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesiobuccal root of the maxillary first molar. Journal of Endodontics 21, 380–3.
  - 43 Hsu Y, Kim S. The resected root surface: the issue of canal isthmuses. Dent Clin N Am 1997; 3: 529–540.
  - 44 Fan B, Pan Y, Gao Y, Fang F, Wu Q, Gutmann JL. Threedimensional morphologic analysis of isthmuses in the mesial roots of mandibular molars. J Endod 2010; 36: 1866-9
  - 45 Jou Y, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. Dent Clin North Am 2004;48:323-35.
  - 46 Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on root canals of human anterior teeth. J Endod 1977;3:24-9.
  - 47 Wu M, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000;89:739-43.
  - 48 Bellucci C, Perrini N. A study on the thickness of radicolare dentin and cementum in anterior and premolar teeth. Int Endod J 2002;35:594-606.
  - 49 Vertucci F J, Seeling A, Gillis R. Root canal morphology of the human maxillary second premolars. Oral Surg 1974;38:456-64.
  - 50 Vertucci F J, Gegauff A. Root canal morphology of the maxillary first premolar. J Am Dent Assoc 1979;99:194-8.
  - 51 Leeb, J.: Canal orifice enlargement ad related to biomechanical preparation. Int.Endod.J. 9:463, 1983
  - 52 Marini, R.Pace, D. Berutti E.: Strumentazione endodontica in canali curvi: valutazione della riduzione della lunghezza operativa endodontica. Min. Stom. 37:823, 1988.
  - 53 Schilder, H.: Cleaning and Shaping the root canal. Dent. Clin. North Am. 18:269, 1974.
  - 54 Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. J Am Dent Assoc 1955; 50: 544-52.



- 55 Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. NuMVer and location Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 79: 769-77.
- 56 Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2 a histological study. Int Endod J 1998; 31: 394-409.
- 57 Meder-CL, Williamson AE, William T. Johnson WT, Vasilescu D, Richard WR. Apical morphology of the palatal roots of maxillary molars by using micro-computed tomography. J Endod 2011; 37: 162-5.
- 58 Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000; 89: 99-103.
- 59 Weine FS. Initiating endodontic treatment. In: Weine FS, ed. Endodontic Therapy, 6th edn. St. Louis, MO, USA: Mosby, 2004: pp. 106–10.
- 60 Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F (1994) Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics 77, 172–6.
- 61 Marroquin BB, El-Sayed MA, Wilershausen-Zonnchen B (2004) Morphology of the physiological foramen: I. Maxillary and mandibular molars. Journal of Endodontics 30, 321–8.
- 62 Baldassari-Cruz LA, Lilly JP, Rivera EM. The influence of dental operating microscopes in locating the mesiolingual canal orifices. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002; 93: 190–194.
- 63 Schwarze T, Baethge C, Stecher T, Geurtsen W. Identification of second canals in the mesiobuccal root of maxillary first and second molars using magnifying loupes or an operating microscope. Aust Endod J 2002;28: 57–60.
- 64 Gorduysus MO, Gorduysus M, Friedman S. Operating microscope improves negotiation of second mesiobuccal canals in maxillary molars. J Endod 2001; 27:683–686.
- 65 Teixeira FB, Sano CL, Gomes BP, Zara AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ (2003)

A preliminary in vitro study of the incidence and position of the root canal isthmus in maxillary and mandibular first molars. International Endodontic

- 66 Mannocci F, Peru M, Sheriff M, Cook R, Pitt Ford TR (2005) The isthmuses of the mesial root of mandibular molar: a micro-computed tomographic study. International Endodontic Journal 2005 : 38; 558–63.
- 67 Verma P, Love RM. A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. Int Endod J 2011; 44; 210-217
- 68 Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S. Clinical investigation of second mesiobuccal canals in endodontically treated and retreated maxillary molars. J Endod 2002; 28: 477-9.
- 69 Gilles J, Reader A. A SEM investigation of the mesiolingual canal in human maxillary first and second molars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1990; 70: 638-43.
- 70 Hartwell G, Bellizzi R. Clinical investigation of *in vivo* endodontically treated mandibular and maxillary molars. J Endod 1982; 8: 555-7.
- 71 Neaverth EJ, Kotler LM, Kaltenbach RF. Clinical investigation (*in vivo*) of endodontically treated maxillary first molars. J Endod 1987; 13: 506-12.
- 72 Sykaras S, Economou P. Root canal morphology of the mesiobuccal root of the maxillary first molar. Oral Res Abs 1971; 2025.
- 73 Blattner TC, George N, Lee CC, Kumar V, Yelton CDJ. Efficacy of cone-beam computed tomography as a modality to accurately identify the presence of second mesiobuccal canals in maxillary first and second molars: a pilot study. J Endod 2010; 36: 867-70.